

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 05284692 A

(43) Date of publication of application: 29.10.93

(51) Int. Cl

H02K 11/00

G01K 7/00

G01K 7/00

(21) Application number: 04071987

(71) Applicant: TOSHIBA CORP

(22) Date of filing: 30.03.92

(72) Inventor: NISHIJIMA NORITADA

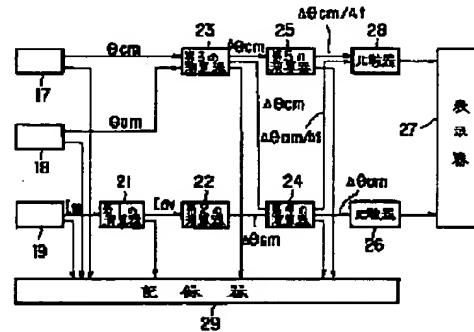
(54) MONITORING EQUIPMENT FOR TEMPERATURE OF COIL OF ROTATING ELECTRIC MACHINE

thereof at the next monitoring time are compared with the real value and the real rate at the present monitoring time respectively. Thereby, the existence of an abnormality is decided.

(57) Abstract:

PURPOSE: To monitor a coil temperature with an excellent accuracy and reliability and with an excellent economic quality in the whole operational region of a rotating electric machine.

CONSTITUTION: The coil or load current of a rotating machine is sensed by a current sensor. By taking it into a first computing element 21 every sampling time for monitoring, the average value of the coil or load current is calculated. Based on the average value, a saturated rise value of a coil temperature of the rotating machine is calculated by a second computing element 22. Also, the coil temperature and a cooling air temperature are sensed by a coil temperature sensor 17 and a cooling air temperature sensor 18 respectively. Then, based on them, the rise value of the coil temperature and the changing rate thereof are calculated by a third computing element 23. Further, based on the output signals of the second and third computing elements 22, 23, monitoring levels are set sequentially by fourth and fifth computing elements 24, 25 according to a predetermined estimated rise value of the coil temperature and a coil time constant. Subsequently, by comparators 26, 28, the predictive rise value of the coil temperature and the predictive changing rate



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-284692

(43)公開日 平成5年(1993)10月29日

(51)Int.Cl.⁵
H 02 K 11/00
G 01 K 7/00

識別記号 庁内整理番号
D 8525-5H
K 7267-2F
3 2 1 J 7267-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 2(全 6 頁)

(21)出願番号 特願平4-71987

(22)出願日 平成4年(1992)3月30日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 西島 令宰

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

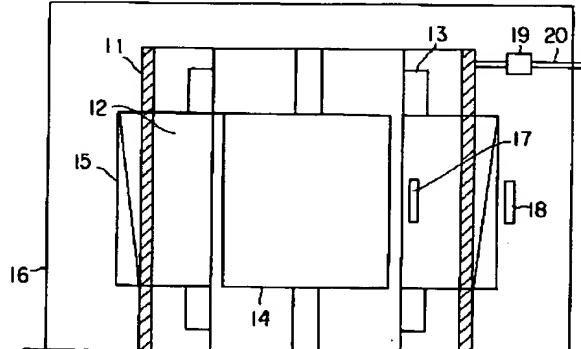
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦

(54)【発明の名称】 回転電機のコイル温度監視装置

(57)【要約】

【目的】回転電機の全運転領域において良好な精度と信頼性をもってコイル温度の監視を可能とし、しかも経済性に優れたものとなし得る。

【構成】電流検出センサ20により検出された回転電機のコイル電流または負荷電流を監視サンプリング時間毎に取込んでコイル電流または負荷電流の平均値を第1の演算器21により求め、その平均値をもとに第2の演算器21によりコイル飽和温度上昇値を求め、またコイル測温センサ17および冷却空気測温センサ18により検出されたコイル温度、冷却空気温度をもとに第3の演算器23によりコイル温度上昇値とその変化率を求め、さらに第2および第3の演算器22,23の出力信号に基づいて第4および第5の演算器24,25により所定の推定温度上昇値とコイル時定数に基づき逐次監視レベルを設定し、次期監視時における予想温度上昇とその変化率と実状とを比較器26,28で比較して異常の有無を判定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空気冷却設備を有する回転電機のコイル温度および前記空気冷却設備の基準冷却空気温度を検出するコイルおよび冷却空気測温センサと、前記回転電機の入力電流または負荷電流を検出する電流検出センサと、この電流検出センサにより検出された電流が監視サンプリング時間で時系列毎に入力されサンプリング時間内の等価平均電流を求める第1の演算手段と、この第1の演算手段より得られる等価平均電流の出力信号を変数としてコイル飽和温度上昇値を求める第2の演算手段と、前記コイル測温センサにより検出されたコイル温度から前記冷却空気測温センサにより検出された冷却空気温度を減算してコイル温度上昇値を求める第3の演算手段と、前記第2の演算手段より得られるコイル飽和温度上昇値および前記第3の演算手段より得られるコイル温度上昇値に基づき次期監視サンプリング時の予想温度上昇値およびその変化率をコイルの熱時定数に基づく時間遅れ要素にて推移する予想温度上昇計算式にて求め、これを前監視サンプリング時点での微分値として出力する第4の演算手段と、前記第3の演算器より得られるコイル温度上昇値からその温度上昇の時間変化率を求める第5の演算手段と、前記第4および第5の演算手段よりそれぞれ得られる出力信号をもとに決定される所定の設定値との大小を比較して異常の有無を判別する比較手段と、この比較手段で判別された各出力信号から異常の内容または異常要因を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする回転電機のコイル温度監視装置。

【請求項2】 空気冷却設備を有する回転電機の相別または異なる位置に設けられた複数個のコイル温度センサと、前記空気冷却設備の基準冷却空気温度を検出する冷却空気測温センサと、前記回転電機の入力電流または負荷電流を検出する電流検出センサと、この電流検出センサにより検出された電流が監視サンプリング時間で時系列毎に入力されサンプリング時間内の等価平均電流を求める第1の演算手段と、この第1の演算手段より得られる等価平均電流の出力信号を変数としてコイル飽和温度上昇値を求める第2の演算手段と、前記コイル測温センサにより検出されたコイル温度から前記冷却空気測温センサにより検出された冷却空気温度を減算してコイル温度上昇値を求める第3の演算手段と、前記第2の演算手段より得られるコイル飽和温度上昇値および前記第3の演算手段より得られるコイル温度上昇値に基づき次期監視サンプリング時の予想温度上昇値およびその変化率をコイルの熱時定数に基づく時間遅れ要素にて推移する予想温度上昇計算式にて求め、これを前監視サンプリング時点での微分値として出力する第4の演算手段と、前記第3の演算器より得られるコイル温度上昇値からその温度上昇の時間変化率を求める第5の演算手段と、前記各コイル測温センサの出力信号をコイル相別または位置に関連させて相互に減算し、温度のバラツキを出力する第

6の演算手段と、前記第4および第5の演算手段よりそれぞれ得られる出力信号をもとに決定される所定の設定値との大小を比較して異常の有無を判別する第1の比較手段と、前記第6の演算手段の出力信号を予め定められた設定値と大小比較し、異常の判別する第2の比較手段と、これら第1および第2の比較手段で判別された各出力信号から異常の内容または異常要因を表示する表示手段とを備えたことを特徴とする回転電機のコイル温度監視装置。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は回転電機のコイル温度監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、回転電機の例えば固定子コイルの温度監視を行う温度監視装置としては、図7または図8に示すような構成のものがある。

【0003】 図7に示すコイル温度監視装置は、コイル近傍に取付けられた測温センサ1からの検出信号を比較器2に与え、この比較器2によりその温度の絶対値が予め設定された設定値を越えたことを判断すると、異常信号を表示器3に入力して異常を表示するものである。この場合、測温センサ1で検出されたコイル温度および比較器2での比較結果は、記録器4にそれぞれ記録されるようになっている。

【0004】 また、図7と同一部分には同一符号を付して示す図8に示すコイル温度監視装置は、冷却水温検出センサ5、負荷量検出センサ6によりそれぞれ検出された冷却水温と、負荷量とを演算器7にそれぞれ与え、この演算器7により予想発生損失と予め定められた冷却水および冷却空気との相関式、並びにコイル温度計算式よりコイル温度の設定値を求め、この設定値を比較器2に与えて測温センサ1により検出された固定子コイルの実温度と比較し、この実温度が設定値を越えたときに異常と判断してその旨を表示器3に表示するものである。この場合、測温センサ1で検出されたコイル温度、冷却水温検出センサ5で検出された冷却水温、負荷量検出センサ6で検出された負荷量、演算器7での演算結果および比較器2での比較結果は、記録器4にそれぞれ記録されるようになっている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、前者の図7に示すコイル温度監視装置では、固定子コイルの上限温度しか監視できないため、低負荷時の異常に対しては検知することができず、しかもコイルの熱時定数が大きいことから時間遅れの影響が顕著となり、異常を検出するまでに時間がかかり、早期の異常検知ができないという問題があった。

【0006】 また、後者の図8に示すコイル温度監視装置は、変動要素のコイルの一次冷却媒体である冷却空気

と、二次冷却媒体である冷却水とに着目して検出要素を増加しているので、検出および監視精度の向上を図ることができる。しかし、このような構成のコイル温度監視装置においては、コイル温度監視の早期性の観点から見ると、異常を判断するためのパラメータ数の増加に伴ってセンサ演算要素や比較判別要素等を増加することで装置の高度化を図っているが、その割りには現実に期待されるような早期検知ができず、しかも監視装置が大きくなるにしたがって相対的に高価になり、その上センサ類の保守、信頼性維持の手間の増加、装置全体のスペースファクタの低下を招くという難点があった。本発明は、回転電機の全運転領域において良好な精度、信頼性を有し、しかも経済性に優れた回転電機のコイル温度監視装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の目的を達成するため、空気冷却設備を有する回転電機のコイル温度および前記空気冷却設備の基準冷却空気温度を検出するコイルおよび冷却空気測温センサと、前記回転電機の入力電流または負荷電流を検出する電流検出センサと、この電流検出センサにより検出された電流が監視サンプリング時間で時系列毎に入力されサンプリング時間内の等価平均電流を求める第1の演算手段と、この第1の演算手段より得られる等価平均電流の出力信号を変数としてコイル飽和温度上昇値を求める第2の演算手段と、前記コイル測温センサにより検出されたコイル温度から前記冷却空気測温センサにより検出された冷却空気温度を減算してコイル温度上昇値を求める第3の演算手段と、前記第2の演算手段より得られるコイル飽和温度上昇値および前記第3の演算手段より得られるコイル温度上昇値に基づき次期監視サンプリング時の予想温度上昇値およびその変化率をコイルの熱時定数に基づく時間遅れ要素にて推移する予想温度上昇計算式にて求め、これを前監視サンプリング時点での微分値として出力する第4の演算手段と、前記第3の演算器より得られるコイル温度上昇値からその温度上昇の時間変化率を求める第5の演算手段と、前記第4および第5の演算手段よりそれぞれ得られる出力信号をもとに決定される所定の設定値との大小を比較して異常の有無を判別する比較手段と、この比較手段で判別された各出力信号から異常の内容または異常要因を表示する表示手段とを備えたものである。

【0008】

【作用】このような構成の回転電機のコイル温度監視装置にあっては、コイル温度、冷却空気温度を検出し、監視サンプリング時間毎に取込まれるコイル電流または負荷電流に応じて所定の推定温度上昇計算式とコイル時定数に基づき逐次監視レベルを設定し、次期監視時における予想温度上昇およびその変化率と実状とを比較して異常の有無を判定するようにしているので、監視インターバルを適正化することにより状況に即した温度監視を常

時行うことができる。

【0009】また、コイルの推定飽和温度上昇値を求める際、コイル電流または負荷電流を変数とする簡潔且つ実用的な近似式とし、しかも冷却空気温度をベースとしたコイル温度上昇値およびその変化率を監視項目としているので、冷却水温の変動による影響や監視パラメータの多元化に伴う繁雑さを最小限に止めることができると共に、コイル温度上昇の過渡状態（例えば冷却時から温度上昇する際）等の異常を早期に探知することができる。

【0010】

【実施例】以下本発明の一実施例を図面を参照して説明する。

【0011】図1は本発明が適用される回転電機の構成例を示す断面図である。図1において、11は固定子枠で、この固定子枠11の内周面に固定子鉄心12が取付けられ、この固定子鉄心12のスロット部には固定子コイル13が収納されている。また、固定子鉄心12の内側には回転子14がギャップを介して設けられ、図示しない軸受により回転自在に支承されている。さらに、固定子枠11の外周面には空気冷却器15が配設されると共に、固定子枠11全体を覆うように風道16が設けられ、全閉内空冷式の通風系を形成している。

【0012】一方、17は固定子コイル13近傍に取付けられた固定子コイル用抵抗温度計からなるコイル測温センサ、18は空気冷却器15の出口（冷気側）部に設けられた冷却空気用抵抗温度計からなる冷却空気測温センサ、19は固定子側の電力給電端子部20に設けられ、固定子コイル13に流れる電流値を検出する変流器からなる電流検出センサである。

【0013】また、図2は上記構成の回転電機のコイル温度を監視する温度監視装置のブロック回路図である。図2において、21は電流検出センサ19により検出されたコイル電流が監視サンプリング時間 Δt で時系列毎に入力され、サンプリング時間 Δt 内の測定数に応じた平均電流値 I_{av} を演算する第1の演算器、22はこの第1の演算器21で求められた平均電流値 I_{av} を変数とし、定数項+定数×二次項で表現した近似式によりコイルの飽和温度上昇値 θ_{sm} を演算する第2の演算器である。

【0014】23はコイル測温センサ17により検出されたコイル温度 θ_{cm} と冷却空気測温センサ18により検出された冷却空気温度 θ_{am} が入力され、これらの減算によりコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ を求める第3の演算器、24は第2の演算器22より得られる飽和温度上昇値 θ_{sm} と第3の演算器23で求められたコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ が入力され、これらに基づき次期監視サンプリング時の冷却空気予想温度上昇 $\Delta\theta_{am}$ および同時間変化率 $\Delta\theta_{am}/\Delta t$ を、コイル熱時定数 T_s に基づく時間遅れ要素にて推移する予想温度上昇計算式にて求め、これを同式

の前監視サンプリング時点での微分値として出力する第4の演算器である。25は第3の演算器23で求められたコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ が入力され、同温度上昇の時間変化率 $\Delta\theta_{cm}/\Delta t$ を演算する第5の演算器である。

【0015】また、26は第4の演算器24より得られるコイル温度上昇値の設定値 $\Delta\theta_{jm}$ と前述のコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ とを比較して、異常と判別されると表示器27に警報の内容または要因の表示信号を出力する温度上昇比較器、28は第4の演算器24より得られるコイル予想温度上昇の時間変化率 $\Delta\theta_{am}$ とコイル温度上昇の時間変化率の設定値 $\Delta\theta_{jm}/\Delta t$ とを比較し、コイル温度上昇の時間変化率 $\Delta\theta_{cm}/\Delta t$ に異常があると判別されると、表示器27に警報の内容または要因の表示信号を出力する温度上昇時間変化率比較器である。一方、29は前述した各測定信号および各演算器21～25で求められた信号を信号伝達系統が分かるように記録する記録器である。

【0016】次に上記のように構成された回転電機のコイル温度監視装置の作用について述べる。今、監視サンプリング時間（インターバル）、演算、判別時間を Δt 秒とし、各諸元を以下のように定めてあるものとする。なお、記号のサフィックスmは計測の時間的順位を示すものである。

（イ）計測項目

（a）コイル測温センサ17により計測されるコイル温度 θ_{cm} （℃）

（b）冷却空気測温センサ18により計測される冷却空気温度 θ_{am} （℃）

（c）電流検出センサ19により検出される電流値 I_m （A）

（ロ）演算内容

【0017】（a）コイル測温センサ17および冷却空気測温センサ18よりコイル温度測定信号および冷却空気温度測定信号が第3の演算器23に入力されると、この第3の演算器23では

$$\Delta\theta_{cm} = \theta_{cm} - \theta_{am} \quad (\text{℃})$$

によりコイル温度上昇値を求める。

（b）電流検出センサ19により検出されたコイル電流が第1の演算器21に入力されると、この第1の演算器*

$$\Delta\theta_{mm}/\Delta t = (d\theta_{mm}/dt)_{mm}$$

で求められる。

【0021】ここで、m-1番目の計測点での微分値としてこれを図示すると、図5の二点鎖線に示す通りである。このように演算することにより、通常 $\Delta\theta_{mm}/\Delta t \geq \Delta\theta_{cm}/\Delta t$ のレベルに調整できる。

（ハ）温度上昇比較器および温度上昇時間変化率比較器での設定値と判別条件

（a）温度上昇比較器26では、コイル温度設定値 θ_{1m} を

$$\Delta\theta_{1m} = \Delta\theta_{mm} + \alpha + \dots \text{とし、} \Delta\theta_{mm} \geq \Delta\theta_{1m} \text{で異常}$$

* 21では

$$I_{av} = (I_1 + \dots + I_m)/\Delta t \quad (\text{A})$$

によりコイル電流の平均値を求める。但し、1回/ Δt 秒のサンプリング値の平均値とする。

（c）このコイル電流の平均値 I_{av} が第2の演算器22に入力されると、この第2の演算器22では

$$\Delta\theta_{sm} = A + B \times (I_{av}/I_r)^2 \quad (\text{℃})$$

によりコイルの推定飽和温度上昇値を求める。

【0018】ここで、 I_r はベースとなる電流値で例えば定格値とし、A、Bは I_{av} をパラメータとしてコイルの飽和温度上昇値を固定損による要素と通電損による要素に分離し、飽和温度上昇の等価推定方法に準ずる式である。これを図示すると図3のようになる。

（d）第3の演算器23よりコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ が第5の演算器25に入力されると、この第5の演算器25では

$$\Delta\theta_{cm}/\Delta t = (\Delta\theta_{cm} - \Delta\theta_{cm-1})/\Delta t$$

【0019】により、コイル温度上昇の時間変化率を求める。これを図示すると図4の通りであり、実線が連続量として示したコイル実温度上昇で、破線が同温度上昇の時間変化率を示す。

【0020】（e）第3の演算器23で求められたコイル温度上昇値 $\Delta\theta_{cm}$ と第2の演算器22で求められたコイルの推定飽和温度上昇値 θ_{sm} とが第4の演算器24に入力されると、この第4の演算器24ではコイル予想温度上昇値とコイル予想温度上昇値の時間変化率を次のようにして求める。即ち、図5に示すように周知の理論として時定数 T を有するコイルの温度上昇 θ と時間 t の関係は、次式で示すことができる。

$$\theta = \theta_{sm} (1 - e^{-t/T}) \quad (\text{℃})$$

ここで、 θ_{sm} は飽和温度を示す。コイルの熱時定数を T として、この考えを導入すると Δt 秒後の予想温度上昇値 $\Delta\theta_{mm}$ は

$$\Delta\theta_{mm}/\Delta t = (d\theta_{mm}/dt)_{mm}$$

$$= (\Delta\theta_{mm-1} - \Delta\theta_{mm-1}) (1 - e^{-t/T}) + \Delta\theta_{mm-1}$$

で求められ、これを連続量として図示すると図4の一点鎖線の通りであり、m番目の計測点で $\Delta\theta_{mm}$ となる。また、コイル予想温度上昇の時間変化率は、

$$= (\Delta\theta_{mm-1} - \Delta\theta_{mm-1})/T$$

と判断し、その警報内容または要因を表示器27に表示させる。（b）温度上昇時間変化率比較器28では、コイル温度上昇の設定値 $\Delta\theta_{1m}/\Delta t$ を

$$\Delta\theta_{1m}/\Delta t = (\Delta\theta_{mm}/\Delta t) + \beta + \dots$$

とし、 $\Delta\theta_{mm}/\Delta t \geq \Delta\theta_{1m}/\Delta t$ で異常と判断し、その警報内容または要因を表示器27に表示させる。以上の計測、演算、比較判別による各データは信号伝達系統が分かるように記録器29に記録される。

【0022】このように本実施例による回転電機のコイル温度監視装置にあっては、従来のような一定の上限値

7
管理とは異なり、現実に推移するコイル温度に常に追従して設定値が調整され、温度上昇の絶対値と同時間変化率の両要素について判別するようにしたので、低負荷（低入力）、温度上昇の過渡状態等に拘らず、全運転領域において精度および感度の高いコイル温度の監視を行うことができる。

【0023】また、監視要素をコイル温度、冷却空気、電流の必要最小限とし、監視項目をコイル温度上昇値とすることにより、冷却水変動の影響を実用上無視することができるので、経済性の面からも優れた温度監視ができる、しかも監視装置のシステム化に伴い相対的に保守性の向上を図ることができる。

【0024】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で種々変形して実施できるものである。例えば表示器27に対して、異常判断を連続n回生じた時に警報を表示するカウンタ機能を持たせることにより、異常判断の確実度をさらに高め、誤診を防止することができる。

【0025】また、コイル温度監視装置としては、図6に示すように図2の構成に対して、固定子の各相に対応する適宜の位置に設けられた複数個のコイル測温センサ17の計測値がそれぞれ入力され、各コイル測温センサ17の計測値を相や位置に関連して比較してバラツキ $\delta\theta$ の大小を演算する第6の演算器29と、この第6の演算器29で求められたバラツキ $\delta\theta$ とある設定値 $\delta\theta_{th}$ とを比較し、 $\delta\theta \geq \delta\theta_{th}$ となったときに異常を表示器27に表示させるバラツキ温度比較器30を追加し、固定子コイル自体の異常を、通風、冷却系の異常と併せて監視することができる。

【0026】なお、上記各実施例では回転電機の固定子コイルに流れる電流を電流検出センサ20により検出する場合について述べたが、回転電機の負荷量を検出し、*

*この負荷量について前述したような演算を実行しても同様の作用効果を得ることができるものである。

【0027】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、回転電機の全運転領域において良好な精度、信頼性を有し、しかも経済性に優れた回転電機のコイル温度監視装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明が適用される回転電機の構成例を示す断面図。

【図2】本発明による回転電機のコイル温度監視装置の一実施例を示すブロック図。

【図3】同実施例において、電流とコイルの飽和温度上昇の関係を示す特性図。

【図4】同じく時間経過とコイルの温度上昇の関係を表す特性図。

【図5】周知の理論に基づく時間と温度上昇の過渡状態における関係を示す特性図。

【図6】本発明の他の実施例を示すブロック図。

【図7】従来の回転電機のコイル温度監視装置の一例を示すブロック図。

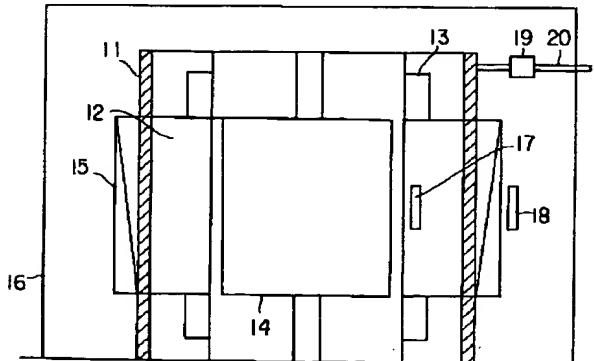
【図8】従来の回転電機のコイル温度監視装置の他の例を示すブロック図。

【符号の説明】

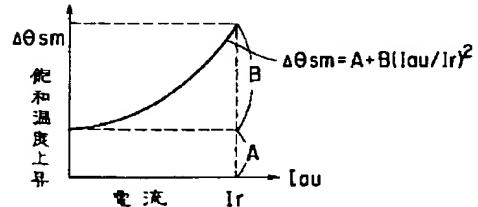
11……固定子枠、12……固定子鉄心、13……固定子コイル、14……回転子、15……空気冷却器、16……風道、17……コイル測温センサ、18……冷却空気測温センサ、19……電流検出センサ、20……電力需給端子、21～25……第1～第5の演算器、26……温度上昇比較器、27……表示器、28……温度上昇時間変化率比較器。

30

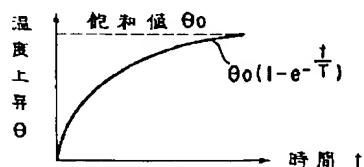
【図1】



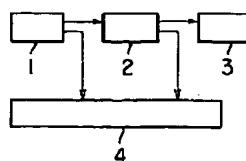
【図3】



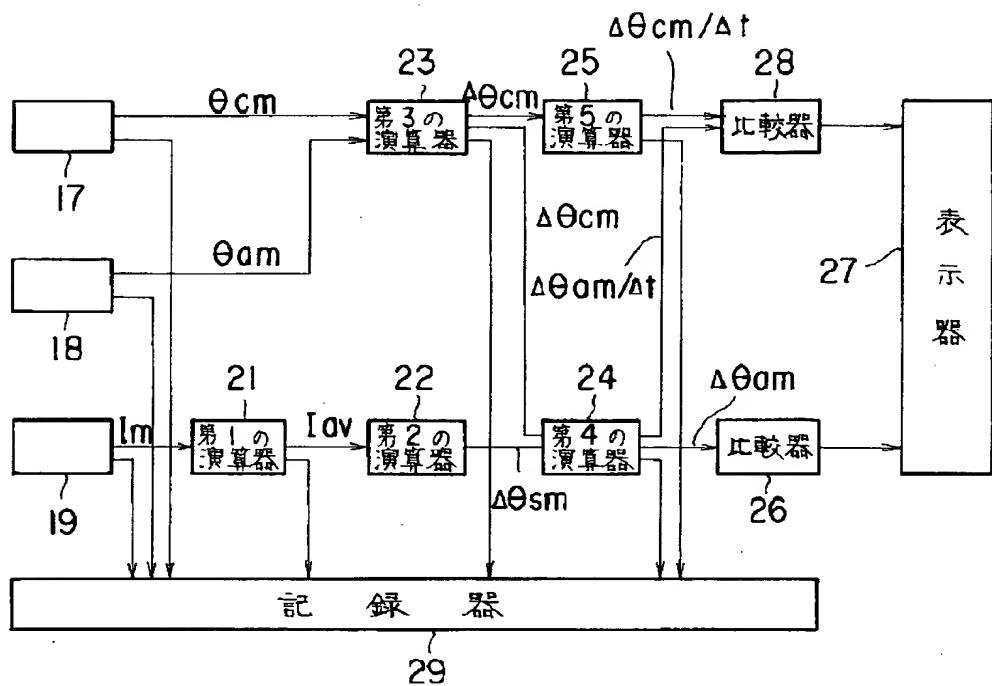
【図5】



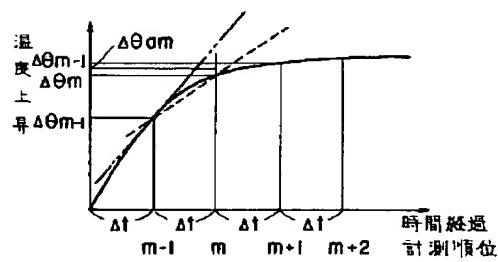
【図7】



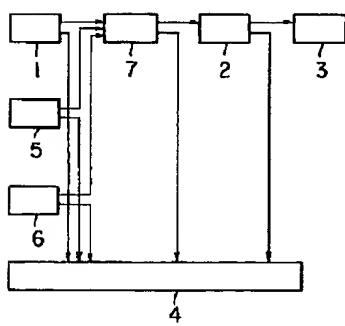
【図2】



【図4】



【図8】



【図6】

